IEC/IEEE 63184

Edition 1.0 2025-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Assessment methods of the human exposure to electric and magnetic fields from wireless power transfer systems – Models, instrumentation, measurement and computational methods and procedures (frequency range of 3 kHz to 30 MHz)

Méthodes d'évaluation de l'exposition humaine aux champs électriques et magnétiques produits par les systèmes de transfert de puissance sans fil – Modèles, instrumentation, méthodes et procédures de mesure et de calcul (Plage de fréquences comprise entre 3 kHz et 30 MHz)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20; 17.240

ISBN 978-2-8327-0139-3

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD....10
INTRODUCTION....12
1 Scope....13
2 Normative references....13
3 Terms and definitions....14
4 Symbols and abbreviated terms....19
4.1 Physical quantities....19
4.2 Constants....19
4.3 Abbreviated terms....19
5 Assessment procedures....20
5.1 General....20
5.2 Compliance assessment considering direct effects....21
5.2.1 General....21
5.2.2 Tier 1: Evaluation based on coil current....22
5.2.3 Tier 2: Evaluation of incident fields against reference levels....23
5.2.4 Tier 3: Evaluation of incident magnetic fields using coupling factor....23
5.2.5 Tier 4: Evaluation of internal E-field, current density, or SAR against basic restrictions....29
5.3 Exposure assessment of contact currents....29
6 Measurement methods....31
6.1 Incident fields....31
6.1.1 General....31
6.1.2 Equipment....32
6.2 SAR and pE_{ind}....34
6.3 Contact currents....36
6.3.1 General....36
6.3.2 Equipment....36
6.3.3 Measurements....37
7 Computational assessment methods....38
7.1 General....38
7.2 Quasi-static approximation....39
7.3 Computational assessment against the basic restrictions....40
7.3.1 General....40
7.3.2 Peak spatial-average SAR....41
7.3.3 Whole-body average SAR....41
7.3.4 Averaged current density on a surface....41
7.3.5 Peak spatial average internal E-field in a cubical volume....41
7.3.6 Peak spatial average internal E-field along a line....41
7.3.7 Maximum local internal E-field....41
8 Combination of measurement and computational methods for inductive WPT systems....42
8.1 General....42
8.2 Measurement of magnetic field....42
8.3 Computational analyses of induced quantities....42
8.4 Computational assessment against the basic restrictions....43
9 Uncertainty assessments....43

9.1 General....43
9.2 Measurement methods....43
9.2.1 Measurement uncertainty budget....43
9.2.2 Amplitude calibration uncertainty....44
9.2.3 Probe anisotropy....45
9.2.4 Probe dynamic range linearity....45
9.2.5 Probe frequency domain response....45
9.2.6 Modulation response....45
9.2.7 Spatial averaging (maximum gradient)....45
9.2.8 Gradient assessment uncertainty....45
9.2.9 Parasitic E-field and H-field sensitivity....45
9.2.10 Detection limit....45
9.2.11 Readout electronics....46
9.2.12 Response time....46
9.2.13 Probe positioning....46
9.2.14 Signal postprocessing....46
9.2.15 Nominal position....46
9.2.16 Repeatability....46
9.2.17 DUT....46
9.3 Computational methods....46
9.3.1 Computational uncertainty budget....46
9.3.2 Grid resolution....48
9.3.3 Tissue parameters....48
9.3.4 Exposure position....48
9.3.5 Convergence....48
9.3.6 Power budget....49
9.3.7 Boundary conditions....49
9.3.8 Quasi-static approximation....49
9.3.9 Model parts and geometry....49
9.3.10 Dielectric parameters....49
9.3.11 Ferrite parameters....50
9.3.12 Positioning of transmit and receive coils....50
9.3.13 Coupling of transmit and receive coils....50
9.3.14 Exposure sources other than the coils....50
9.3.15 Loading of the coil....50
9.4 Assessment of combining measurement and computational methods....50
10 Reporting....51
10.1 General....51
10.2 Items to be recorded in exposure compliance assessment reports....51
10.3 Additional items to be included for evaluation measurements....52
10.4 Additional items to be included for numerical and combined numerical and measurement evaluations....53
Annex A (normative) Exposure evaluations using approximations....54
A.1 Limit on current for a WPT coil....54
A.2 Induced field quantities for comparison with basic restrictions....55
A.3 Enhancement or coverage factor....57
Annex B (normative) Calibration methods....58
B.1 General....58
B.2 E-field and H-field calibration....58

B.2.1 Standard field generation methods 58
B.2.2 Characteristics to be measured 58
B.2.3 Frequency domain calibration 60
B.2.4 E-field calibration 63
B.3 Gradient response verification 67
B.3.1 General 67
B.3.2 H-field gradient verification: Main steps 67
B.3.3 Uncertainty for H-field gradient verification 67
B.4 Dosimetric probe calibration 68
B.4.1 General 68
B.4.2 Calibration with short dipole antennas via transmit antenna factor 69
B.4.3 Uncertainty 72
Annex C (normative) Verification and validation methods for measurements 73
C.1 General 73
C.2 Objective 73
C.3 Measurement setup and procedure for system verification and system validation 73
C.3.1 General 73
C.3.2 Measurement system verification: test procedure 74
C.3.3 Measurement system validation: test procedure 75
Annex D (informative) Case study on the dependency of SAR on phantom properties and size 76
D.1 Phantom properties 76
D.2 Phantom size 79
Annex E (informative) Extrapolation methods of SAR measurement 82
E.1 General 82
E.2 Measurement and interpolation of electric field inside a phantom 82
E.2.1 General 82
E.2.2 Extrapolation functions 82
E.2.3 Three steps for determination of spatial-peak SAR 83
E.2.4 Validation of measurement methods using extrapolation 83
E.2.5 Uncertainty 86
Annex F (informative) Computational methods 88
F.1 General 88
F.2 Quasi-static finite element method 88
F.3 Scalar potential finite difference method 89
F.4 Impedance method 90
F.5 Finite-difference time-domain method 91
F.6 Hybrid technique of MoM and FDTD method 91
F.7 Hybrid technique of FEM and SPFD method 93
Annex G (informative) Averaging algorithms 94
G.1 Current density averaging over an area 94
G.1.1 General 94
G.1.2 Calculation of the current density in a Cartesian voxel 94
G.1.3 Calculation of the current density in a tetrahedron 95
G.1.4 Calculation of J_{av} 95
G.2 Internal E-field 96
G.2.1 General 96

G.2.2 E-field averaging in a cubical volume 96
G.2.3 E-field averaging along an averaging distance 97
G.2.4 Maximum local E-field 99
Annex H (normative) Code verification and model validations 100
H.1 Code verification 100
H.1.1 General 100
H.1.2 Quasi-static codes 100
H.1.3 Quasi-static codes for the calculation of the incident magnetic field 101
H.1.4 Averaging algorithms 103
H.2 Model validation 104
H.2.1 General 104
H.2.2 Recommendations for the development of the computational model 105
H.2.3 Determining the validity of the field source 105
Annex I (informative) Use cases of magnetic field exposure assessment 107
I.1 EV WPT – electric passenger car 107
I.1.1 General 107
I.1.2 Determination of user position 107
I.1.3 Assessment procedures considering direct effects for WPT system for EV 108
I.1.4 Assessment procedures for contact currents of WPT systems for EV 114
I.2 Heavy duty vehicle EMF measurement procedure 119
I.2.1 General 119
I.2.2 Step 1 119
I.2.3 Step 2 121
I.2.4 Step 3 121
I.3 Remotely piloted aircraft 122
I.3.1 General 122
I.3.2 Assessment procedures of WPT system for RPA 122
Annex J (informative) Examples of magnetic field exposure assessment 126
J.1 General 126
J.2 Assessment procedure of heavy-duty WPT EV system 126
J.2.1 Outline of assessment procedure 126
J.2.2 Test condition 126
J.2.3 Test result 1 127
J.2.4 Test result 2 127
J.2.5 Test result 3 127
J.3 Remotely piloted aircraft 127
J.3.1 General 127
J.3.2 Description of WPT system for RPA 128
J.3.3 Measurement of magnetic field around the WPT system for RPA 128
J.3.4 Modelling for the WPT system for RPA 129
J.3.5 Evaluation of incident field against basic restrictions 129
J.3.6 Evaluation of current density, internal electric field, and SAR against basic restrictions 132
J.4 Combined method of measurement and computational analysis 132
J.4.1 General 132
J.4.2 Measurement of magnetic field 132
J.4.3 Computational analyses of induced quantities 133
J.4.4 Example of exposure assessment for WPT systems using combined method 133

J.5 SAR measurement for WPT system 137
Annex K (informative) Proximity detection sensor considerations for exposure assessment 139
K.1 General 139
K.2 Phantom specification 139
K.2.1 Phantom for the stationary living object detection 139
K.2.2 Phantom for the proximity living object detection 139
K.3 Procedures for determining proximity detection sensor triggering distance 140
K.4 Testing areas 140
K.5 Procedures for determining stationary living objects 141
Bibliography 143

Figure 1 – Flowchart for the assessment procedure 20
Figure 2 – Flowchart for the assessment procedure considering direct effects 21
Figure 3 – The gradient G_n is determined at the surface and normal to the surface, i.e. in the direction of the axis shown 26
Figure 4 – Coupling factors k of Formula (7) through Formula (11) as a function of the normalized magnetic field gradient [13] 29
Figure 5 – Two exposure situations for ungrounded and grounded metal objects 30
Figure 6 – Flowchart for assessment procedures for contact currents 31
Figure 7 – Human body equivalent circuit proposed in IEC 60990 [30] 37
Figure 8 – Impedance frequency characteristics of adult male and equivalent circuits proposed in IEC 60990 [30] and evaluated values [31], [32], [33], [34] 37
Figure 9 – Example of contact current measurement equipment 37
Figure A.1 – Comparison of the H-field with number of turns n at 1 cm from a circular coil calculated with Biot-Savart and with the approximation of Formula (A.1) 55
Figure B.1 – H-field and E-field generation setup for probe calibration 60
Figure B.2 – H-field generation setup for dynamic range calibration 62
Figure B.3 – E-field generation setup for frequency response calibration 64
Figure B.4 – E-field generation setup for dynamic range calibration 65
Figure B.5 – Illustration of the transmit antenna factor evaluation setup [51] 71
Figure B.6 – Illustration of the sensitivity coefficients evaluation setup [51] 71
Figure C.1 – Recommended test setups for measurement system verification and validation 74
Figure D.1 – Simulation model of large WPT system operating close to a) elliptical phantom and b) human body model 77
Figure D.2 – Different exposure conditions for human body model 77
Figure D.3 – Calculated SAR for circular coils with a 50 cm diameter operating at 6 cm from the elliptical phantom and heterogeneous human model 78
Figure D.4 – Simulation model of small WPT system operating close to a) elliptical phantom and b) human body model 78
Figure D.5 – Calculated SAR for the small square coils with dimensions 10 cm × 10 cm operating at 2 cm from the elliptical phantom and heterogeneous human model 79
Figure D.6 – Layout of large WPT system for exposure condition of a) case A and b) case C with respect to the elliptical phantom surface 80

Figure D.7 – Calculated 10 g-averaged SAR versus the smaller axis of elliptical phantom v normalized by coil outer diameter D for a) case A (f_{high} = 7,54 MHz) and b) case C (f_{low} = 6,14 MHz, f_{high} = 7,18 MHz) 80

Figure D.8 – Layout of small WPT system for exposure conditions of case C with respect to a) elliptical phantom and b) rectangular phantom 81

Figure D.9 – Calculated 10 g-averaged SAR versus the smaller axis v or width W normalized by square coil diagonal K for a) elliptical phantom (f_{low} = 6,6 MHz, f_{high} = 7,64 MHz) and b) rectangular phantom (f_{low} = 6,59 MHz) 81

Figure E.1 – Schematic diagram of measurement system 84

Figure E.2 – Measurement system 85

Figure E.3 – Measured and simulated electric field distributions in the measurement plane 25 mm away from the phantom boundary with solenoid-type WPT system positioned parallel to the phantom wall 85

Figure E.4 – Measured and simulated electric field distributions in the measurement plane 25 mm away from the phantom boundary with flat-spiral-type WPT system positioned parallel to the phantom wall 86

Figure E.5 – 10 g averaged SAR obtained by measurement, and extrapolation and MoM-derived 10 g averaged SAR 86

Figure G.1 – Field components on voxel edges 95

Figure H.1 – Coordinate system and angles 102

Figure I.1 – Example for regions of protection, for ground mounted systems (vehicle) [78] 107

Figure I.2 – Example for regions of protection, for ground mounted systems (using vehicle mimic plate) 108

Figure I.3 – Flowchart for EV and vehicle mimic plate assessment (direct effect) 109

Figure I.4 – Region 2 measurement positions (WPT) 110

Figure I.5 – Region 3 measurement positions 111

Figure I.6 – Region 2 measurement positions of vehicle mimic plate (WPT) 112

Figure I.7 – Region 3 measurement positions of vehicle mimic plate (WPT) 113

Figure I.8 – Flowchart for EV use and vehicle mimic plate assessment (contact currents) 114

Figure I.9 – Configuration example of contact current with grounded condition: (1) with vehicle 116

Figure I.10 – Configuration example of contact current with grounded condition: (2) with vehicle mimic plate 116

Figure I.11 – Configuration example of contact current with ungrounded condition: (1) with vehicle 118

Figure I.12 – Configuration example of contact current with ungrounded condition: (2) with vehicle mimic plate 119

Figure I.13 – EMF measurement for heavy duty vehicle: top view 120

Figure I.14 – EMF measurement for heavy duty vehicle: side view 120

Figure I.15 – Measurement points on the inside floor of WPT bus 121

Figure I.16 – Measurement position 123

Figure J.1 – EMF test of an electric bus (2015 August 7, Sejong City) 126

Figure J.2 – Test result 1 from side-view 127

Figure J.3 – Geometry and measurement position of WPT system for RPA 128

Figure J.4 – Measured magnetic field strength 129
Figure J.5 – Measured and computed magnetic field strength 129
Figure J.6 – Measurement system for the magnetic near-field of WPT systems [83] 133
Figure J.7 – Schematic view and picture of the fabricated magnetic-field probes [83] 133
Figure J.8 – Schematic view (left) and picture (right) of WPT systems [83] 135
Figure J.9 – Exposure conditions for WPT coils [83] 135
Figure J.10 – Amplitude and phase distributions of magnetic fields measured near WPT systems without (w/o) and with (w/) ferrite tiles [83] 136
Figure J.11 – Distribution of the internal electric field strength with adult male model for an input power of 7,7 kW [83] 137
Figure J.12 – WPT system operating at 6,78 MHz 138
Figure J.13 – SAR distribution on a plane at 25 mm from the bottom of the phantom 138
Figure K.1 – Test side consideration drawing 141
Figure K.2 – Positioning of the phantom and the DUT WPT for determining the detection sensor triggering distance, an example of charging an electric vehicle with a WPT system 141

Table 1 – List of symbols used in the formulas of 5.2.4.2 and 5.2.4.3 24
Table 2 – Dielectric properties of the tissue-equivalent medium liquid 35
Table 3 – Dielectric properties of the tissue-equivalent medium NaCl solution of 0,074 mol/L 35
Table 4 – Computational methods 39
Table 5 – Example of uncertainty evaluation of the the E-field and H-field exposure assessment using measurement methods 43
Table 6 – Example of uncertainty evaluation of computational methods 47
Table 7 – Example of uncertainty evaluation of the exposure assessment combining measurements and computational methods 51
Table B.1 – EM field generation setups for probe and sensor calibrations 58
Table B.2 – Main components of H-field and E-field generation setups for frequency response calibration 60
Table B.3 – Template for uncertainty in frequency response calibration 61
Table B.4 – Main components of H-field generation setup for dynamic range calibration 62
Table B.5 – Template for uncertainty in H-field dynamic range calibration 62
Table B.6 – Main components of E-field generation setup for frequency response calibration 64
Table B.7 – Template for uncertainty in E-field frequency response calibration 64
Table B.8 – Main components of E-field generation setup for dynamic range calibration 65
Table B.9 – Template for the uncertainty of the E-field dynamic range 66
Table B.10 – Template for uncertainty of the H-field gradient verification 68
Table B.11 – Uncertainty template for evaluation of average internal electric field produced by short dipole antenna via transmit antenna factor 72
Table E.1 – Measurement uncertainty of 10 g averaged SAR 87
Table H.1 – Interpolation and superposition of vector field components for loop currents I and phase offsets ξ 103

Table J.1 – Computed coupling factor k_{L} 130

Table J.2 – Evaluation results using coupling factor k_{L} 130

Table J.3 – Evaluation results using coupling factor k_{G} 131

Table J.4 – Computational results of current density (J), internal electric field (E), and spatial peak 10 g average SAR ($SAR_{10\ \mathrm{g}}$) 132

ASSESSMENT METHODS OF THE HUMAN EXPOSURE TO ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS FROM WIRELESS POWER TRANSFER SYSTEMS – MODELS, INSTRUMENTATION, MEASUREMENT AND COMPUTATIONAL METHODS AND PROCEDURES (FREQUENCY RANGE OF 3 kHz TO 30 MHz)

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC document(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation.

   IEEE Standards documents are developed within IEEE Societies and subcommittees of IEEE Standards Association (IEEE SA) Board of Governors. IEEE develops its standards through an accredited consensus development process, which brings together volunteers representing varied viewpoints and interests to achieve the final product. IEEE standards are documents developed by volunteers with scientific, academic, and industry-based expertise in technical working groups. Volunteers involved in technical working groups are not necessarily members of IEEE or IEEE SA and participate without compensation from IEEE. While IEEE administers the process and establishes rules to promote fairness in the consensus development process, IEEE does not independently evaluate, test, or verify the accuracy of any of the information or the soundness of any judgments contained in its standards.

   IEC collaborates closely with IEEE in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations. This Dual Logo International Standard was jointly developed by the IEC and IEEE under the terms of that agreement.

2) The formal decisions of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees. The formal decisions of IEEE on technical matters, once consensus within IEEE Societies and Standards Coordinating Committees has been reached, is determined by a balanced ballot of materially interested parties who indicate interest in reviewing the proposed standard. Final approval of the IEEE standards document is given by the IEEE Standards Association (IEEE SA) Standards Board.

3) IEC/IEEE Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees/IEEE Societies in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC/IEEE Publications is accurate, IEC or IEEE cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.

4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications (including IEC/IEEE Publications) transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC/IEEE Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.

5) IEC and IEEE do not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC and IEEE are not responsible for any services carried out by independent certification bodies.

6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.

7) No liability shall attach to IEC or IEEE or their directors, employees, servants or agents including individual experts and members of technical committees and IEC National Committees, or volunteers of IEEE Societies and the Standards Coordinating Committees of the IEEE Standards Association (IEEE SA) Standards Board, for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC/IEEE Publication or any other IEC or IEEE Publications.

8) Attention is drawn to the normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.

9) Attention is drawn to the possibility that implementation of this IEC/IEEE Publication may require use of material covered by patent rights. By publication of this standard, no position is taken with respect to the existence or validity of any patent rights in connection therewith. IEC or IEEE shall not be held responsible for identifying Essential Patent Claims for which a license may be required, for conducting inquiries into the legal validity or scope of Patent Claims or determining whether any licensing terms or conditions provided in connection with submission of a Letter of Assurance, if any, or in any licensing agreements are reasonable or non-discriminatory. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any patent rights, and the risk of infringement of such rights, is entirely their own responsibility.

IEC/IEEE 63184 was prepared by IEC technical committee 106: Methods for the assessment of electric, magnetic and electromagnetic fields associated with human exposure, in cooperation with International Committee on Electromagnetic Safety (ICES) of the IEEE Standards Association, under the IEC/IEEE Dual Logo Agreement between IEC and IEEE. It is an International Standard.

This document is published as an IEC/IEEE Dual Logo standard.

The text of this International Standard is based on the following IEC documents:

Draft	Report on voting
106/669/FDIS	106/685/RVD

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 2, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications/.

This first edition of IEC/IEEE 63184 cancels and replaces the first edition of IEC PAS 63184 published in 2021. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) lower frequency bound changed from 1 kHz to 3 kHz;
b) clarified contact currents as indirect effects in assessment procedures;
c) in measurement methods applied the formulas of SAR and internal electric field;
d) in computational assessment methods added specifications for averaging of current density and internal E-field;
e) updated uncertainty of computational methods;
f) introduced test reporting contents guidance.

The IEC Technical Committee and IEEE Technical Committee have decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

INTRODUCTION

The wireless power transmission systems described in the scope of this document require particularly developed procedures and protocols for the assessment of human exposure. Such systems are increasingly being implemented in a wide range of applications at different frequency ranges from consumer electronics (e.g. mobile phones, tablet PCs) to automotive (electric vehicles). Human exposure to electric and magnetic fields is limited to avoid established adverse health effects, including electrostimulation of nervous tissues and thermal effects, as well as contact currents. A published ITU-R report (ITU-R SM.2303-3 [1][1]) on WPT systems specifies RF exposure assessment methodologies, yet no definitive assessment method was introduced. An exposure assessment method of WPT for EV charging systems was specified in IEC 61980-3:2022 [2]; however, there are currently no other detailed product standards related to WPT systems. Because WPT systems will continue to become ubiquitous in a multitude of applications in the future, IEC and IEEE established a joint working group to address WPT system assessment methods related to human exposures to electric, magnetic, and electromagnetic fields.

In this document, the basic methods to assess both direct and indirect effects of exposure to WPT systems, case studies, and relevant research are specified. These methods mainly focus on frequencies between 3 kHz and 30 MHz and consider both electrostimulation and thermal effects. Future editions will consider extended guidance for assessments of exposure from capacitive WPT systems.

---

1 Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

ASSESSMENT METHODS OF THE HUMAN EXPOSURE TO ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS FROM WIRELESS POWER TRANSFER SYSTEMS – MODELS, INSTRUMENTATION, MEASUREMENT AND COMPUTATIONAL METHODS AND PROCEDURES (FREQUENCY RANGE OF 3 kHz TO 30 MHz)

1 Scope

The objective of this document is to specify methods to assess human exposure to electromagnetic fields generated by stationary wireless power transfer (WPT) in terms of specific absorption rate (SAR), internal electric fields[2] or current density, and contact currents. The frequency range covered by this document is from 3 kHz to 30 MHz. This document focuses on exposures from inductive WPT systems and specifies:

- general compliance assessment procedures;
- measurement methods;
- computational assessment methods;
- assessment combining measurement and computational methods.

This document does not consider the immunity of cardiac implantable electrical devices to radiated disturbances from WPT systems.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61786-1:2013, *Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings – Part 1: Requirements for measuring instruments*
IEC 61786-1:2013/AMD1:2024

IEC 61786-2:2014, *Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings – Part 2: Basic standard for measurements*

IEC/IEEE 62209-1528:2020, *Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Part 1528: Human models, instrumentation, and procedures (Frequency range of 4 MHz to 10 GHz)*

IEC/IEEE 62704-1:2017, *Determining the peak spatial-average specific absorption rate (SAR) in the human body from wireless communications devices, 30 MHz to 6 GHz – Part 1: General requirements for using the finite difference time-domain (FDTD) method for SAR calculations*

---

[2] Internal electric field is associated with exposure assessments of nerve stimulation effects; further information is available in e.g. [5].

IEC/IEEE 62704-4:2020, *Determining the peak spatial-average specific absorption rate (SAR) in the human body from wireless communications devices, 30 MHz to 6 GHz – Part 4: General requirements for using the finite element method for SAR calculations*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 158
INTRODUCTION 160
1 Domaine d'application 161
2 Références normatives 161
3 Termes et définitions 162
4 Symboles et abréviations 167
4.1 Grandeurs physiques 167
4.2 Constantes 167
4.3 Abréviations 167
5 Procédures d'évaluation 168
5.1 Généralités 168
5.2 Évaluation de conformité en fonction des effets directs 169
5.2.1 Généralités 169
5.2.2 Niveau 1: Évaluation fondée sur le courant de bobine 170
5.2.3 Niveau 2: Évaluation des champs incidents par rapport aux niveaux de référence 171
5.2.4 Niveau 3: Évaluation des champs magnétiques incidents à l'aide du facteur de couplage 171
5.2.5 Niveau 4: Évaluation du champ E interne, de la densité de courant ou du DAS par rapport aux restrictions de base 178
5.3 Évaluation de l'exposition aux courants de contact 179
6 Méthodes de mesure 180
6.1 Champs incidents 180
6.1.1 Généralités 180
6.1.2 Équipement 182
6.2 DAS et pE_{ind} 184
6.3 Courants de contact 186
6.3.1 Généralités 186
6.3.2 Équipement 186
6.3.3 Mesures 187
7 Méthodes de calcul numérique pour l'évaluation 188
7.1 Généralités 188
7.2 Approximation quasi statique 190
7.3 Calcul pour l'évaluation par rapport aux restrictions de base 191
7.3.1 Généralités 191
7.3.2 DAS maximal moyenné dans l'espace 191
7.3.3 DAS moyenné du corps entier 191
7.3.4 Densité de courant moyennée sur une surface 191
7.3.5 Champ E interne maximal moyenné dans l'espace dans un volume cubique 192
7.3.6 Champ E interne maximal moyenné dans l'espace le long d'une ligne 192
7.3.7 Champ E interne local maximal 192
8 Combinaison de méthodes de mesure et de calcul pour les systèmes WPT inductifs 192
8.1 Généralités 192
8.2 Mesurage du champ magnétique 192
8.3 Analyses par calcul des grandeurs induites 193

8.4 Calcul pour l'évaluation par rapport aux restrictions de base 193
9 Évaluations d'incertitude 194
9.1 Généralités 194
9.2 Méthodes de mesure 194
9.2.1 Bilan d'incertitude de mesure 194
9.2.2 Incertitude de l'étalonnage en amplitude 195
9.2.3 Anisotropie de la sonde 195
9.2.4 Linéarité de la plage dynamique de la sonde 195
9.2.5 Réponse dans le domaine fréquentiel de la sonde 195
9.2.6 Réponse en modulation 196
9.2.7 Moyennage dans l'espace (gradient maximal) 196
9.2.8 Incertitude de l'évaluation du gradient 196
9.2.9 Sensibilité aux champs E et H parasites 196
9.2.10 Limite de détection 196
9.2.11 Électronique de lecture 196
9.2.12 Temps de réponse 196
9.2.13 Positionnement de la sonde 196
9.2.14 Post-traitement du signal 196
9.2.15 Position nominale 197
9.2.16 Répétabilité 197
9.2.17 DUT 197
9.3 Méthodes de calcul 197
9.3.1 Bilan d'incertitude de calcul 197
9.3.2 Résolution de la grille 198
9.3.3 Paramètres du tissu 199
9.3.4 Position d'exposition 199
9.3.5 Convergence 199
9.3.6 Bilan de puissance 199
9.3.7 Conditions aux limites 200
9.3.8 Approximation quasi statique 200
9.3.9 Parties et géométrie du modèle 200
9.3.10 Paramètres diélectriques 200
9.3.11 Paramètres des ferrites 200
9.3.12 Positionnement des bobines d'émission et de réception 201
9.3.13 Couplage des bobines d'émission et de réception 201
9.3.14 Sources d'exposition autres que les bobines 201
9.3.15 Chargement de la bobine 201
9.4 Évaluation de méthodes combinées de mesure et de calcul 201
10 Rapport 202
10.1 Généralités 202
10.2 Éléments à enregistrer dans les rapports d'évaluation de conformité d'exposition 202
10.3 Éléments supplémentaires à inclure pour les mesures d'évaluation 203
10.4 Éléments supplémentaires à inclure pour les évaluations numériques et les évaluations combinées numériques et de mesure 204
Annexe A (normative) Évaluations de l'exposition à l'aide d'approximations 205
A.1 Limite de courant pour une bobine WPT 205
A.2 Grandeurs de champ induites pour comparaison aux restrictions de base 206
A.3 Facteur d'amélioration ou de couverture 208

Annexe B (normative) Méthodes d'étalonnage 209
B.1 Généralités 209
B.2 Étalonnage du champ E et du champ H 209
B.2.1 Méthodes normalisées de production de champs 209
B.2.2 Caractéristiques à mesurer 210
B.2.3 Étalonnage dans le domaine fréquentiel 211
B.2.4 Étalonnage du champ E 215
B.3 Vérification de la réponse en gradient 219
B.3.1 Généralités 219
B.3.2 Vérification du gradient de champ H: étapes principales 219
B.3.3 Incertitude de la vérification du gradient de champ H 219
B.4 Étalonnage de la sonde dosimétrique 220
B.4.1 Généralités 220
B.4.2 Étalonnage avec des antennes doublets courtes par le biais du facteur d'antenne d'émission 220
B.4.3 Incertitude 223
Annexe C (normative) Méthodes de vérification et de validation des mesures 224
C.1 Généralités 224
C.2 Objectif 224
C.3 Configuration et procédure de mesure pour la vérification et la validation du système 225
C.3.1 Généralités 225
C.3.2 Vérification du système de mesure: procédure d'essai 225
C.3.3 Validation du système de mesure: procédure d'essai 226
Annexe D (informative) Étude de cas sur la dépendance du DAS aux propriétés et à la taille du fantôme 227
D.1 Propriétés du fantôme 227
D.2 Taille du fantôme 231
Annexe E (informative) Méthodes d'extrapolation de mesure du DAS 234
E.1 Généralités 234
E.2 Mesurage et interpolation du champ électrique à l'intérieur d'un fantôme 234
E.2.1 Généralités 234
E.2.2 Fonctions d'extrapolation 234
E.2.3 Trois étapes pour la détermination du DAS maximal dans l'espace 235
E.2.4 Validation des méthodes de mesure par extrapolation 236
E.2.5 Incertitude 238
Annexe F (informative) Méthodes de calcul numérique 240
F.1 Généralités 240
F.2 Méthode quasi statique des éléments finis 240
F.3 Méthode des différences finies du potentiel scalaire 241
F.4 Méthode des impédances 242
F.5 Méthode des différences finies dans le domaine temporel 243
F.6 Technique hybride de la MdM et de la méthode FDTD 243
F.7 Technique hybride de la FEM et de la méthode SPFD 245
Annexe G (informative) Algorithmes de moyennage 246
G.1 Moyennage de la densité de courant sur une surface 246
G.1.1 Généralités 246
G.1.2 Calcul de la densité de courant dans un voxel cartésien 246
G.1.3 Calcul de la densité de courant dans un tétraèdre 247

G.1.4 Calcul de J_{av} 247
G.2 Champ E interne 248
G.2.1 Généralités 248
G.2.2 Moyennage du champ E dans un volume cubique 248
G.2.3 Moyennage du champ E le long d'une distance d'intégration 249
G.2.4 Champ E local maximal 251
Annexe H (normative) Vérification des codes et validation des modèles 252
H.1 Vérification des codes 252
H.1.1 Généralités 252
H.1.2 Codes de calcul quasi statique 252
H.1.3 Codes de calcul quasi statique pour le champ magnétique incident 253
H.1.4 Algorithmes de moyennage 255
H.2 Validation des modèles 256
H.2.1 Généralités 256
H.2.2 Recommandations pour l'établissement du modèle de calcul 256
H.2.3 Détermination de la validité de la source de champ 256
Annexe I (informative) Cas d'utilisation d'évaluations de l'exposition aux champs magnétiques 258
I.1 WPT pour VE – véhicule électrique de tourisme 258
I.1.1 Généralités 258
I.1.2 Détermination de la position de l'utilisateur 258
I.1.3 Procédures d'évaluation concernant les effets directs d'un système WPT pour VE 259
I.1.4 Procédures d'évaluation des courants de contact des systèmes WPT pour VE 265
I.2 Procédure de mesure des CEM des véhicules utilitaires lourds 270
I.2.1 Généralités 270
I.2.2 Étape 1 270
I.2.3 Étape 2 272
I.2.4 Étape 3 272
I.3 Aéronefs télépilotés 273
I.3.1 Généralités 273
I.3.2 Procédures d'évaluation d'un système WPT pour ATP 273
Annexe J (informative) Exemples d'évaluations de l'exposition aux champs magnétiques 277
J.1 Généralités 277
J.2 Procédure d'évaluation d'un système WPT pour VE utilitaire lourd 277
J.2.1 Description de la procédure d'évaluation 277
J.2.2 Conditions d'essai 277
J.2.3 Résultat d'essai 1 278
J.2.4 Résultat d'essai 2 278
J.2.5 Résultat d'essai 3 278
J.3 Aéronefs télépilotés 278
J.3.1 Généralités 278
J.3.2 Description du système WPT pour ATP 279
J.3.3 Mesurage du champ magnétique autour du système WPT pour ATP 279
J.3.4 Modélisation du système WPT pour ATP 280
J.3.5 Évaluation du champ incident par rapport aux restrictions de base 281

J.3.6 Évaluation de la densité de courant, du champ électrique interne et du DAS par rapport aux restrictions de base 283
J.4 Méthode combinée de mesure et d'analyse par calcul 284
J.4.1 Généralités 284
J.4.2 Mesurage du champ magnétique 284
J.4.3 Analyses par calcul des grandeurs induites 285
J.4.4 Exemple d'évaluation de l'exposition pour les systèmes WPT à l'aide d'une méthode combinée 285
J.5 Mesurage du DAS pour un système WPT 289
Annexe K (informative) Considérations relatives aux capteurs de détection de proximité pour l'évaluation de l'exposition des mises en œuvre de recharge sans fil des véhicules 291
K.1 Généralités 291
K.2 Spécifications des fantômes 291
K.2.1 Fantôme pour la détection d'objets vivants immobiles 291
K.2.2 Fantôme pour la détection d'objets vivants à proximité 291
K.3 Procédures de détermination de la distance de déclenchement des capteurs de détection de proximité 292
K.4 Zones d'essai 292
K.5 Procédures de détermination d'objets vivants immobiles 293
Bibliographie 295

Figure 1 – Organigramme de la procédure d'évaluation 169
Figure 2 – Organigramme de la procédure d'évaluation en fonction des effets directs 170
Figure 3 – Le gradient G_n est déterminé à la surface et est normal à la surface, c'est-à-dire dans la direction de l'axe indiqué 175
Figure 4 – Facteurs de couplage k de la Formule (7) à la Formule (11) en fonction du gradient de champ magnétique normalisé [13] 178
Figure 5 – Deux situations d'exposition pour des objets métalliques non mis à la terre et mis à la terre 180
Figure 6 – Organigramme des procédures d'évaluation des courants de contact 180
Figure 7 – Circuit équivalent au corps humain proposé dans l'IEC 60990 [30] 186
Figure 8 – Caractéristiques de fréquence d'impédance d'un homme adulte et des circuits équivalents proposés dans l'IEC 60990 [30] et valeurs évaluées [31], [32], [33], [34] 187
Figure 9 – Exemple d'équipement de mesure du courant de contact 187
Figure A.1 – Comparaison du champ H avec un nombre de spires n à 1 cm d'une bobine circulaire calculé avec Biot-Savart à l'approximation de la Formule (A.1) 206
Figure B.1 – Configuration de production de champs H et de champs E pour l'étalonnage des sondes 211
Figure B.2 – Configuration de production du champ H pour l'étalonnage de la plage dynamique 213
Figure B.3 – Configuration de production du champ E pour l'étalonnage de la réponse en fréquence 215
Figure B.4 – Configuration de production de champs E pour l'étalonnage de la plage dynamique 217
Figure B.5 – Représentation de la configuration d'évaluation du facteur d'antenne d'émission [51] 222
Figure B.6 – Représentation de la configuration d'évaluation des coefficients de sensibilité [51] 223

Figure C.1 – Configurations d'essai recommandées pour la vérification et la validation du système de mesure 225
Figure D.1 – Modèle de simulation d'un système WPT de grandes dimensions qui fonctionne à proximité a) d'un fantôme elliptique et b) d'un modèle de corps humain 228
Figure D.2 – Différentes conditions d'exposition pour le modèle de corps humain 229
Figure D.3 – DAS calculé pour des bobines circulaires de 50 cm de diamètre qui fonctionnent à 6 cm du fantôme elliptique et du modèle humain hétérogène 229
Figure D.4 – Modèle de simulation d'un système WPT de faibles dimensions qui fonctionne à proximité a) d'un fantôme elliptique et b) d'un modèle de corps humain 230
Figure D.5 – DAS calculé pour les petites bobines carrées de 10 cm × 10 cm qui fonctionnent à 2 cm du fantôme elliptique et du modèle humain hétérogène 230
Figure D.6 – Disposition du système WPT de grandes dimensions pour les conditions d'exposition a) du cas A et b) du cas C par rapport à la surface elliptique du fantôme 232
Figure D.7 – DAS moyenné sur 10 g calculé en fonction du plus petit axe du fantôme elliptique v normalisé par le diamètre extérieur de la bobine D pour a) le cas A (f_{high} = 7,54 MHz) et b) le cas C (f_{low} = 6,14 MHz, f_{high} = 7,18 MHz) 232
Figure D.8 – Disposition du système WPT de faibles dimensions pour les conditions d'exposition du cas C par rapport a) au fantôme elliptique et b) au fantôme rectangulaire 232
Figure D.9 – DAS moyenné sur 10 g calculé en fonction du plus petit axe v ou de la largeur W normalisé(e) par la diagonale K de la bobine carrée pour a) le fantôme elliptique (f_{low} = 6,6 MHz, f_{high} = 7,64 MHz) et b) le fantôme rectangulaire (f_{low} = 6,59 MHz) 233
Figure E.1 – Schéma du système de mesure 237
Figure E.2 – Système de mesure 237
Figure E.3 – Distributions du champ électrique mesuré et simulé dans le plan de mesure à 25 mm de la limite du fantôme avec le système WPT de type solénoïde positionné parallèlement à la paroi du fantôme 237
Figure E.4 – Distributions du champ électrique mesuré et simulé dans le plan de mesure à 25 mm de la limite du fantôme avec le système WPT de type spirale plate positionné parallèlement à la paroi du fantôme 238
Figure E.5 – DAS moyenné sur 10 g obtenu par mesurage et extrapolation et DAS moyenné sur 10 g obtenu par la MdM 238
Figure G.1 – Composantes de champ sur les arêtes du voxel 247
Figure H.1 – Système de coordonnées et angles 254
Figure I.1 – Exemple de régions de protection, pour les systèmes montés au sol (véhicule) [78] 258
Figure I.2 – Exemple de régions de protection, pour les systèmes montés au sol (avec une plaque de simulation de véhicule) 259
Figure I.3 – Organigramme pour l'évaluation avec un VE et avec une plaque de simulation de véhicule (effet direct) 260
Figure I.4 – Positions de mesure dans la région 2 (WPT) 261
Figure I.5 – Positions de mesure dans la région 3 262
Figure I.6 – Positions de mesure dans la région 2 de la plaque de simulation de véhicule (WPT) 263
Figure I.7 – Positions de mesure dans la région 3 de la plaque de simulation de véhicule (WPT) 264
Figure I.8 – Organigramme pour l'évaluation avec utilisation d'un VE et avec une plaque de simulation de véhicule (courants de contact) 265

Figure I.9 – Exemple de configuration du courant de contact en condition avec mise à la terre: (1) avec un véhicule 267
Figure I.10 – Exemple de configuration du courant de contact en condition avec mise à la terre: (2) avec une plaque de simulation de véhicule 267
Figure I.11 – Exemple de configuration du courant de contact en condition sans mise à la terre: (1) avec un véhicule 269
Figure I.12 – Exemple de configuration du courant de contact en condition sans mise à la terre: (2) avec une plaque de simulation de véhicule 270
Figure I.13 – Mesurage des CEM pour un véhicule utilitaire lourd: vue du dessus 271
Figure I.14 – Mesurage des CEM pour un véhicule utilitaire lourd: vue de côté 271
Figure I.15 – Points de mesure sur le plancher intérieur du bus WPT 272
Figure I.16 – Position de mesure 274
Figure J.1 – Essai CEM d'un bus électrique (7 août 2015, Séjong) 277
Figure J.2 – Résultat d'essai 1 à partir d'une vue de côté 278
Figure J.3 – Géométrie et position de mesure du système WPT pour ATP 279
Figure J.4 – Champ magnétique mesuré 280
Figure J.5 – Champ magnétique mesuré et calculé 280
Figure J.6 – Système de mesure du champ magnétique proche de systèmes WPT [83] 284
Figure J.7 – Vue schématique et photographie de sondes de champ magnétique fabriquées [83] 285
Figure J.8 – Vue schématique (à gauche) et photographie (à droite) de systèmes WPT [83] 286
Figure J.9 – Conditions d'exposition pour les bobines WPT [83] 287
Figure J.10 – Distributions d'amplitude et de phase des champs magnétiques mesurés à proximité des systèmes WPT sans et avec carreaux de ferrite [83] 288
Figure J.11 – Distribution du champ électrique interne avec un modèle d'homme adulte pour une puissance d'entrée de 7,7 kW [83] 289
Figure J.12 – Système WPT qui fonctionne à 6,78 MHz 290
Figure J.13 – Distribution du DAS sur un plan à 25 mm du bas du fantôme 290
Figure K.1 – Schéma de côté de l'essai 293
Figure K.2 – Positionnement du fantôme et du DUT WPT pour déterminer la distance de déclenchement des capteurs de détection – exemple de recharge d'un véhicule électrique à l'aide d'un système WPT 293

Tableau 1 – Liste des symboles utilisés dans les formules du 5.2.4.2 et du 5.2.4.3 172
Tableau 2 – Propriétés diélectriques du liquide équivalent au tissu 184
Tableau 3 – Propriétés diélectriques du milieu équivalent au tissu Solution de NaCl de 0,074 mol/L 185
Tableau 4 – Méthodes de calcul numérique 189
Tableau 5 – Exemple d'évaluation d'incertitude de l'évaluation de l'exposition aux champs E et H à l'aide de méthodes de mesure 194
Tableau 6 – Exemple d'évaluation d'incertitude des méthodes de calcul 197
Tableau 7 – Exemple d'évaluation d'incertitude de l'évaluation de l'exposition qui combine des méthodes de mesure et de calcul 202
Tableau B.1 – Configurations de production de champs EM pour l'étalonnage des sondes et capteurs 209
Tableau B.2 – Principaux composants des configurations de production de champs H et de champs E pour l'étalonnage de la réponse en fréquence 211

Tableau B.3 – Modèle pour l'incertitude de l'étalonnage de la réponse en fréquence 212
Tableau B.4 – Principaux composants de la configuration de production du champ H pour l'étalonnage de la plage dynamique 213
Tableau B.5 – Modèle pour l'incertitude de l'étalonnage de la plage dynamique du champ H 214
Tableau B.6 – Principaux composants de la configuration de production du champ E pour l'étalonnage de la réponse en fréquence 215
Tableau B.7 – Modèle pour l'incertitude de l'étalonnage de la réponse en fréquence du champ E 216
Tableau B.8 – Principaux composants de la configuration de production de champs E pour l'étalonnage de la plage dynamique 217
Tableau B.9 – Modèle pour l'incertitude de la plage dynamique du champ E 218
Tableau B.10 – Modèle pour l'incertitude de la vérification du gradient de champ H 219
Tableau B.11 – Modèle d'incertitude pour l'évaluation du champ électrique interne moyen produit par une antenne doublet courte par le biais du facteur d'antenne d'émission 223
Tableau E.1 – Incertitude de mesure du DAS moyenné sur 10 g 239
Tableau H.1 – Interpolation et superposition des composantes de champ vectoriel pour les courants de boucle I et les décalages de phase ξ 254
Tableau J.1 – Facteur de couplage k_{L} calculé 281
Tableau J.2 – Résultats de l'évaluation à l'aide du facteur de couplage k_{L} 282
Tableau J.3 – Résultats de l'évaluation à l'aide du facteur de couplage k_{G} 282
Tableau J.4 – Résultats du calcul de la densité de courant (J), du champ électrique interne (E) et du DAS maximal moyenné dans l'espace sur 10 g ($SAR_{10\ \mathrm{g}}$) 283

MÉTHODES D'ÉVALUATION DE L'EXPOSITION HUMAINE AUX CHAMPS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES PRODUITS PAR LES SYSTÈMES DE TRANSFERT DE PUISSANCE SANS FIL – MODÈLES, INSTRUMENTATION, MÉTHODES ET PROCÉDURES DE MESURE ET DE CALCUL (PLAGE DE FRÉQUENCES COMPRISES ENTRE 3 kHz ET 30 MHz)

AVANT-PROPOS

1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux.

   Les normes de l'IEEE sont élaborées par les Sociétés de l'IEEE, ainsi que par les Comités de coordination des normes du Conseil de normalisation de l'IEEE Standards Association (IEEE-SA). Ces normes sont l'aboutissement d'un consensus, approuvé par l'American National Standards Institute, qui rassemble des bénévoles représentant divers points de vue et intérêts. Les participants bénévoles ne sont pas nécessairement membres de l'IEEE et leur intervention n'est pas rétribuée. Si l'IEEE administre le déroulement de cette procédure et définit les règles destinées à favoriser l'équité du consensus, l'IEEE lui-même n'évalue pas, ne teste pas et ne vérifie pas l'exactitude de toute information contenue dans ses normes. L'utilisation de normes de l'IEEE est entièrement volontaire. Les documents de l'IEEE sont disponibles à des fins d'utilisation, à condition d'être assortis d'avis importants et de clauses de non-responsabilité (voir https://standards.ieee.org/ipr/disclaimers.html pour de plus amples informations).

   L'IEC travaille en étroite collaboration avec l'IEEE, selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations. La présente Norme internationale double logo a été développée conjointement par l'IEC et l'IEEE dans le cadre de cet accord.

2) Les décisions officielles de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études. Une fois le consensus établi entre les Sociétés de l'IEEE et les Comités de coordination des normes, les décisions officielles de l'IEEE relatives aux questions techniques sont déterminées en fonction du vote exprimé par un groupe à la composition équilibrée, composé de parties intéressées qui manifestent leur intérêt pour la révision des normes proposées. L'approbation finale de la norme de l'IEEE est soumise au Conseil de normalisation de l'IEEE Standards Association (IEEE SA).

3) Les Publications IEC/IEEE se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC/Sociétés de l'IEEE. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin de s'assurer de l'exactitude du contenu technique des Publications IEC/IEEE; l'IEC ou l'IEEE ne peuvent pas être tenus responsables de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.

4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC (y compris les Publications IEC/IEEE) dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications IEC/IEEE et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.

5) L'IEC et l'IEEE eux-mêmes ne fournissent aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC et l'IEEE ne sont responsables d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.

6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.

7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC ou à l'IEEE, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, ou les bénévoles des Sociétés de l'IEEE et des Comités de coordination des normes du Conseil de normalisation de l'IEEE Standards Association (IEEE SA), pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication IEC/IEEE ou toute autre publication de l'IEC ou de l'IEEE, ou au crédit qui lui est accordé.

8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.

9) L'attention est attirée sur fait que la mise en application de cette Publication IEC/IEEE peut requérir l'utilisation de matériels protégés par des droits de brevet. En publiant cette norme, aucun parti n'est pris concernant l'existence ou la validité de droits de brevet y afférents. Ni l'IEC ni l'IEEE ne peuvent être tenus d'identifier les revendications de brevet essentielles pour lesquelles une autorisation peut s'avérer nécessaire, d'effectuer des recherches sur la validité juridique ou l'étendue des revendications des brevets, ou de déterminer le caractère raisonnable ou non discriminatoire des termes ou conditions d'autorisation énoncés dans le cadre d'un Certificat d'assurance, lorsque la demande d'un tel certificat a été formulée, ou contenus dans tout accord d'autorisation. Les utilisateurs de cette norme sont expressément informés du fait que la détermination de la validité de tous droits de propriété industrielle, ainsi que les risques qu'implique la violation de ces droits, relèvent entièrement de leur seule responsabilité.

L'IEC/IEEE 63184 a été établie par le comité d'études 106 de l'IEC: Méthodes d'évaluation des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques en relation avec l'exposition humaine, en coopération avec l'International Committee on Electromagnetic Safety (ICES) de l'IEEE Standards Association, sous accord double logo IEC/IEEE entre l'IEC et l'IEEE. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le présent document est publié en tant que norme double logo IEC/IEEE.

Le texte de la présente Norme internationale est issu des documents de l'IEC suivants:

Projet	Rapport de vote
106/669/FDIS	106/685/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé conformément aux règles données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2, disponibles à l'adresse www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications/.

La présente première édition de l'IEC/IEEE 63184 annule et remplace la première édition de l'IEC PAS 63184 publiée en 2021. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) la limite inférieure de fréquence est passée de 1 kHz à 3 kHz;

b) les courants de contact ont été clarifiés en tant qu'effets indirects dans les procédures d'évaluation;

c) dans les méthodes de mesure, les formules de DAS et de champ électrique interne ont été appliquées;

d) dans les méthodes de calcul numérique pour l'évaluation, des spécifications ont été ajoutées pour le calcul de la moyenne de la densité de courant et du champ E interne;

e) l'incertitude des méthodes de calcul a été mise à jour;

f) des recommandations relatives au contenu des rapports d'essai ont été introduites.

Le comité d'études de l'IEC et le comité technique de l'IEEE ont décidé que le contenu du présent document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

INTRODUCTION

Les systèmes de transmission de puissance sans fil décrits dans le domaine d'application du présent document exigent des procédures et des protocoles particulièrement élaborés pour l'évaluation de l'exposition humaine. Ces systèmes sont de plus en plus souvent mis en œuvre dans un large éventail d'applications sur différentes plages de fréquences, de l'électronique grand public (téléphones mobiles, tablettes PC, etc.) à l'automobile (véhicules électriques). L'exposition humaine aux champs électriques et magnétiques est limitée afin d'éviter des effets nocifs établis pour la santé, notamment l'électrostimulation des tissus nerveux et les effets thermiques, ainsi que les courants de contact. Un rapport publié par l'UIT-R (-SM.2303[1]3 [1]) sur les systèmes WPT spécifie des méthodes d'évaluation de l'exposition aux RF, mais aucune méthode d'évaluation définitive n'a été introduite. Une méthode d'évaluation de l'exposition WPT pour les systèmes de recharge des VE a été spécifiée dans l'IEC 61980-3:2022 [2]; cependant, il n'existe actuellement aucune autre norme de produit particulière relative aux systèmes WPT. Dans la mesure où les systèmes WPT continueront à devenir omniprésents dans une multitude d'applications à l'avenir, l'IEC et l'IEEE ont créé un groupe de travail mixte pour examiner les méthodes d'évaluation des systèmes WPT liées à l'exposition humaine aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques.

Le présent document décrit les méthodes de base pour évaluer les effets directs et indirects de l'exposition aux systèmes WPT, des études de cas et des recherches pertinentes. Ces méthodes se concentrent principalement sur les fréquences comprises entre 3 kHz et 30 MHz et prennent en compte à la fois l'électrostimulation et les effets thermiques. Les éditions ultérieures étudieront l'extension des recommandations pour les évaluations de l'exposition aux systèmes WPT capacitifs.

---

1 Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

MÉTHODES D'ÉVALUATION DE L'EXPOSITION HUMAINE AUX CHAMPS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES PRODUITS PAR LES SYSTÈMES DE TRANSFERT DE PUISSANCE SANS FIL – MODÈLES, INSTRUMENTATION, MÉTHODES ET PROCÉDURES DE MESURE ET DE CALCUL (PLAGE DE FRÉQUENCES COMPRISES ENTRE 3 kHz ET 30 MHz)

1 Domaine d'application

L'objectif du présent document est de spécifier les méthodes d'évaluation de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques produits par le transfert de puissance sans fil (WPT, *Wireless Power Transfer*) stationnaire en ce qui concerne le débit d'absorption spécifique (DAS), de champs électriques internes[2] ou de densité de courant, et de courants de contact. La plage de fréquences couverte par le présent document est comprise entre 3 kHz et 30 MHz. Le présent document se concentre sur les expositions aux systèmes WPT inductifs et spécifie:

- les procédures générales d'évaluation de la conformité;
- les méthodes de mesure;
- les méthodes de calcul numérique pour l'évaluation;
- l'évaluation de méthodes combinées de mesure et de calcul.

Le présent document ne tient pas compte de l'immunité des dispositifs électriques cardiaques implantables aux perturbations rayonnées des systèmes WPT.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 61786-1:2013, *Mesure de champs magnétiques continus et de champs magnétiques et électriques alternatifs dans la plage de fréquences de 1 Hz à 100 kHz dans leur rapport à l'exposition humaine – Partie 1: Exigences applicables aux instruments de mesure*
IEC 61786-1:2013/AMD1:2024

IEC 61786-2:2014, *Mesure de champs magnétiques continus et de champs magnétiques et électriques alternatifs dans la plage de fréquences de 1 Hz à 100 kHz dans leur rapport à l'exposition humaine – Partie 2: Norme de base pour les mesures*

IEC/IEEE 62209-1528:2020, *Procédure de mesure pour l'évaluation du débit d'absorption spécifique de l'exposition humaine aux champs radiofréquences produits par les dispositifs de communications sans fil tenus à la main ou portés près du corps – Partie 1528: Modèles humains, instrumentation et procédures (Plage de fréquences comprise entre 4 MHz et 10 GHz)*

---

2 Le champ électrique interne est associé aux évaluations de l'exposition aux effets de la stimulation nerveuse; de plus amples informations sont disponibles, par exemple, dans [5].

IEC/IEEE 62704-1:2017, *Determining the peak spatial-average specific absorption rate (SAR) in the human body from wireless communications devices, 30 MHz to 6 GHz – Part 1: General requirements for using the finite difference time-domain (FDTD) method for SAR calculations* (disponible en anglais seulement)

IEC/IEEE 62704-4:2020, *Détermination du débit d'absorption spécifique (DAS) maximal moyenné dans le corps humain, produit par les dispositifs de communications sans fil, 30 MHz à 6 GHz – Partie 4: Exigences générales d'utilisation de la méthode des éléments finis pour les calculs du DAS*